

土木構造物の地震被害予測システムによる地下構造物の被害推定

(株) 大林組 技術研究所 正会員 ○副島 紀代
 (株) 大林組 東京本社 正会員 江尻 譲嗣
 (株) 大林組 技術研究所 フェロー会員 大内 一

1. はじめに

高度成長期に建設された多くのインフラ施設について、近年、老朽化や機能劣化によるリニューアルの社会的要請が増大している。これらは旧基準で設計された構造物が多く、かつ構造的劣化の問題も有していることから、耐震性に関するリスクが大きいことが懸念される。しかしながら、対象となる構造物の数が多いことから、個々に耐震診断等を行い対策の要否を検討することは費用・労力の点から現実的ではない。

そこで、GIS（地理情報システム；Geographic Information System）を用いた土木構造物の地震被害予測システムにより、線的あるいは面的に広がるインフラ施設の地震時被害を一括して推定することを試みた。

2. システムの概要

利用したシステムは、地震動・地盤・構造物に関するデータベースから、想定した地震動に対する対象構造物の地震被害をシミュレーションし、その結果を地図上に表示するものである。結果は無被害・小被害・中被害・大被害の4段階で表示する。システム全体の構成は図1のようになっている。

従来の地震被害予測システムとの大きな違いは、簡易な地盤応答解析を行うことにより、地表面だけでなく地中の任意の深さにおける地盤応答分布や、液状化危険度ならびにそれに伴う側方流動や地盤沈下量の分布といった地盤被害を予測できるようにした点である。さらに、簡易で実用的な被害評価式を導入して地盤応答解析結果と結びつけることにより、より合理的な地下構造物の被害予測を可能とした。次に被害評価式について述べる。

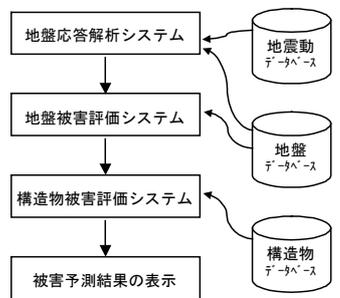


図1 システムの構成

3. 地下構造物（例：ボックスカルバート）の被害評価式

被害予測を行う際には適切な被害評価式の導入が重要である。ここではボックスカルバートについて、側壁に作用する地盤変位から構造物の被害を推定する式を構築した。図2に示すように、カルバート天端および下端位置でそれぞれ d_1 、 d_2 という地盤の変位が発生した場合、下端位置に対する上端位置の相対変位は $D=d_1-d_2$ となる。そこで相対変位の

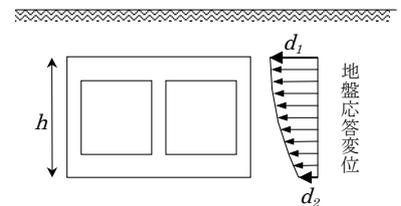


図2 構造物に作用する地盤変位

最大値 D_{max} がそのままカルバートの層間相対変位になると考え、部材回転角 $R=D_{max}/h$ を計算し、その値によって被害推定を行った。なお、被害の程度に関する閾値は、文献 1)2)等を参考にし、表1のように定めた。また、予測される被害の程度を把握するために、部材回転角 R を次の式を用いて被害指標 D_m という値に正規化した。

表1 被害程度の閾値

部材回転角 R の範囲	被害指標 D_m	被害の程度
$R < 0.2\%$	$0.0 \leq D_m < 0.2$	無被害
$0.2\% \leq R < 0.5\%$	$0.2 \leq D_m < 0.5$	小被害
$0.5\% \leq R < 1.0\%$	$0.5 \leq D_m < 0.8$	中被害
$1.0\% \leq R$	$0.8 \leq D_m < 1.0$	大被害

$$R < 0.002(0.2\%) \text{ のとき } D_m = 100R \dots\dots\dots (1)$$

$$0.002(0.2\%) \leq R < 0.005(0.5\%) \text{ のとき } D_m = 100R \dots\dots\dots (2)$$

$$0.005(0.5\%) \leq R < 0.01(1.0\%) \text{ のとき } D_m = 60R + 0.2 \dots\dots\dots (3)$$

$$0.01(1.0\%) \leq R \text{ のとき } D_m = 1 - 0.002/R \dots\dots\dots (4)$$

部材回転角と被害指標との関係を図3に示す。

キーワード：地下構造物，被害推定，GIS，地盤応答解析，インフラ施設

連絡先：〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 大林組 技術研究所 TEL:0424-95-0950 FAX:0424-95-0909

4. 線状地下構造物の被害推定

ボックスカルバート形式の線状地下構造物を想定し、前述の被害評価式を用いて被害推定を行った。入力地震動は1995年兵庫県南部地震の神戸海洋気象台観測波（NS方向、Max818gal、図4）を用いた。対象とした地下構造物の位置する地域の入力地震動に対する応答分布図を図5～図7に示す。平面位置あるいは深度によって地盤応答に違いがあることがわかる。なお、ここでは500m×500mメッシュの地盤データを使用して解析を行っている。

これらの応答解析結果を利用して行った構造物の被害予測結果を図8に示す。想定した地下構造物は、路線により高さが5m～8m、また土被りも3m～20mと違いがあるが、同じ土被りでも地盤の違いから、また同じ場所でも埋設深さの違いから地盤応答に差異が生じ、予測される被害程度にも差が出る結果となっている。

5. システムの活用と今後の課題

このようなシステムは、広域にまたがるライフライン施設の被害予測には最適であり、詳細検討断面や耐震補強箇所の効率的な決定、あるいは優先度の判断材料とすることができる。さらに各種データを地図上に重ねることで、事前の危機管理やリスク評価にも役立てることができる。また、地震発生時には、観測された地震動を入力波とすることで、リアルタイム地震防災への適用も可能である。

今後の課題としては、データベースの整備と共に、被害評価式の充実が挙げられる。構造形式だけではなく、設計年代や劣化グレードごとに評価式を構築することで、様々な施設を対象としたより幅広い解析が可能になる。今後は被災事例の調査や解析的手法を通じて、より信頼性が高く実用的な被害評価式を導出し、インフラ施設の耐震性向上、ひいては都市防災に貢献したいと考えている。

参考文献

- 1) 松尾, 松村, 遠藤, 橘: 強制的に腐食させたRCボックスカルバートの荷重実験シミュレーション, コンクリート工学年次論文集, vol.24, No.2, pp.1297-1302, 2002
- 2) 安部, 本田, 足立, 弘重: 地中RC構造物の耐震一次診断手法に関する研究, コンクリート工学年次論文集, vol.24, No.2, pp.1309-1314, 2002

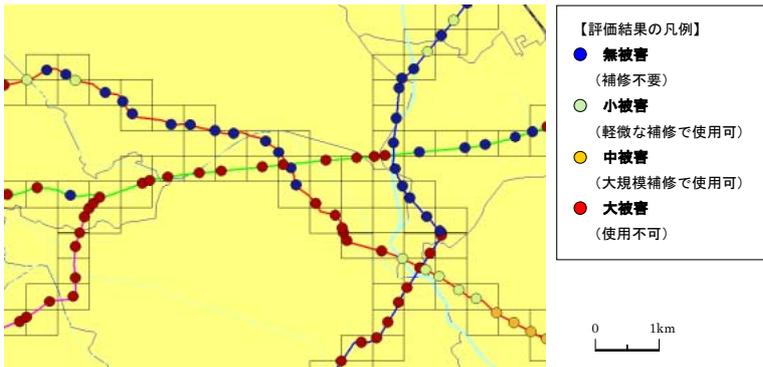


図8 被害想定解析結果の例

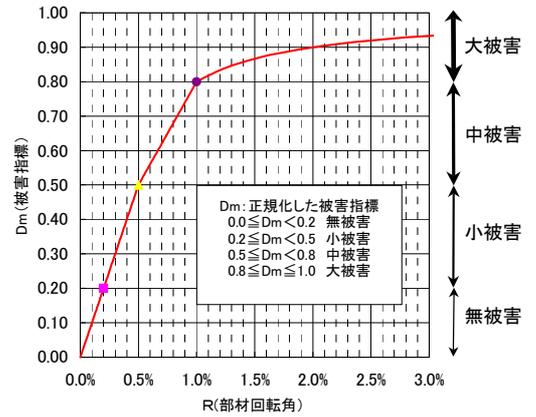


図3 被害指標と部材回転角の関係

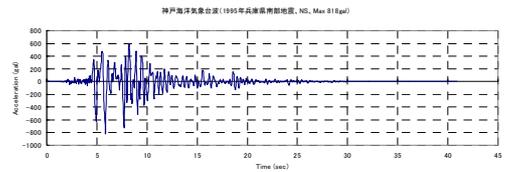


図4 入力地震動（神戸海洋気象台波）

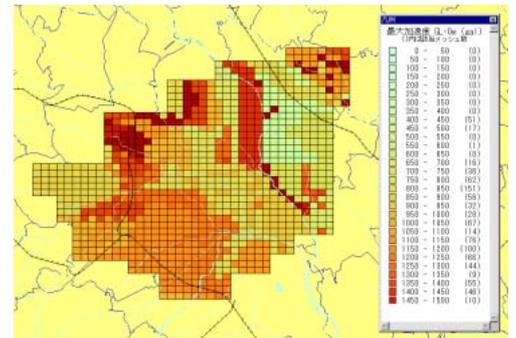


図5 地表面最大加速度分布

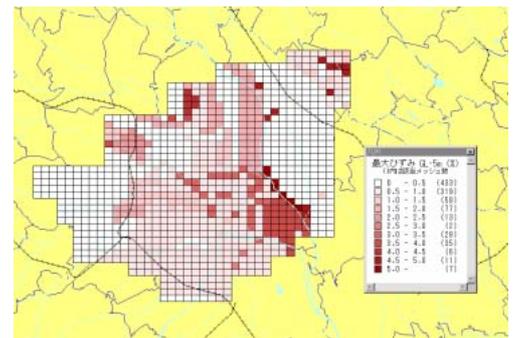


図6 地盤の最大ひずみ分布(GL-5m)

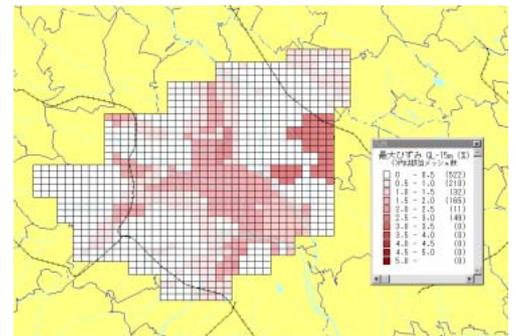


図7 地盤の最大ひずみ分布(GL-15m)